

## Family list

4 application(s) for: JP2000180737 (A)

**1 A multilevel mechanical grating device**

Inventor: KOWARZ MAREK W [US] ;      Applicant: EASTMAN KODAK CO [US]  
KRUSCHWITZ BRIAN E [US]  
EC: G02B26/08D      IPC: G02B5/18; G02B26/08; G02B5/18; (+2)  
Publication info: DE69901420 (T2) — 2003-01-16

**2 A multilevel mechanical grating device**

Inventor: KOWARZ MAREK W [US] ;      Applicant: EASTMAN KODAK CO [US]  
KRUSCHWITZ BRIAN E [US]  
EC: G02B26/08D      IPC: G02B5/18; G02B26/08; G02B5/18; (+2)  
Publication info: EP1014143 (A1) — 2000-06-28  
EP1014143 (B1) — 2002-05-08

**3 MECHANICAL GRATING APPARATUS**

Inventor: MALEK W KOWALTZ ; BRIAN E      Applicant: EASTMAN KODAK CO  
KURUSHUITTSU  
EC: G02B26/08D      IPC: G02B5/18; G02B26/08; G02B5/18; (+3)  
Publication info: JP2000180737 (A) — 2000-06-30

**4 MULTILEVEL MECHANICAL GRATING DEVICE**

Inventor: KOWARZ MAREK W [US] ;      Applicant: KOWARZ MAREK W, ; KRUSCHWITZ  
KRUSCHWITZ BRIAN E [US]      BRIAN E, (+1)  
EC: G02B26/08D      IPC: G02B5/18; G02B26/08; G02B5/18; (+2)  
Publication info: US2001015850 (A1) — 2001-08-23  
US6335831 (B2) — 2002-01-01

---

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180737

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G02B 5/18

(21)Application number : 11-353570

(71)Applicant : EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing : 13.12.1999

(72)Inventor : MALEK W KOWALTZ  
BRIAN E KURUSHUITSU

(30)Priority

Priority number : 98 216375

Priority date : 18.12.1998

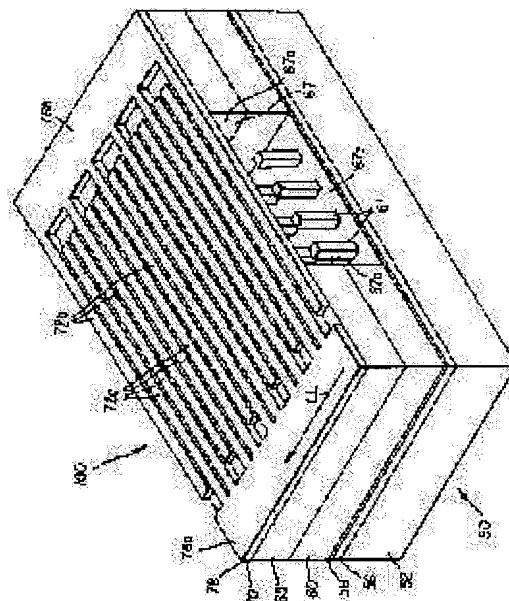
Priority country : US

## (54) MECHANICAL GRATING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a mechanical grating apparatus improving diffraction efficiency.

SOLUTION: This grating apparatus 100 is composed on a base 50 having a surface. A spacer layer 65 having an upper surface is provided on a base 50, and a lengthwise channel 67 is formed in the spacer layer, and the channel 67 has a 1st sidewall 67a and a 2nd sidewall 67b facing opposite each other and a bottom face 67c. Plural ribbon elements 72a, 72b, which can be deformed and separated at intervals, are arranged in parallel with each other. The ribbon elements 72a, 72b which can be deformed are settled into groups with N elements which is larger than two. When its grating apparatus 100 is operated, each of the groups forms a pattern of discrete rugged shape. In this case, this pattern has n-step shape more than two steps.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-180737  
(P2000-180737A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特マコード* (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	A
5/18		5/18	

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平11-353570

(22)出願日 平成11年12月13日(1999.12.13)

(31)優先権主張番号 09/216375

(32)優先日 平成10年12月18日(1998.12.18)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 590000846

イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ  
チェスター, ステイト ストリート343

(72)発明者 マレク ダブリュ コワルツ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ  
スター ウェスト スクエアードライブ  
237

(72)発明者 プライアン イー クルシュウィッツ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ  
スター ロシター ロード 47

(74)代理人 100075258

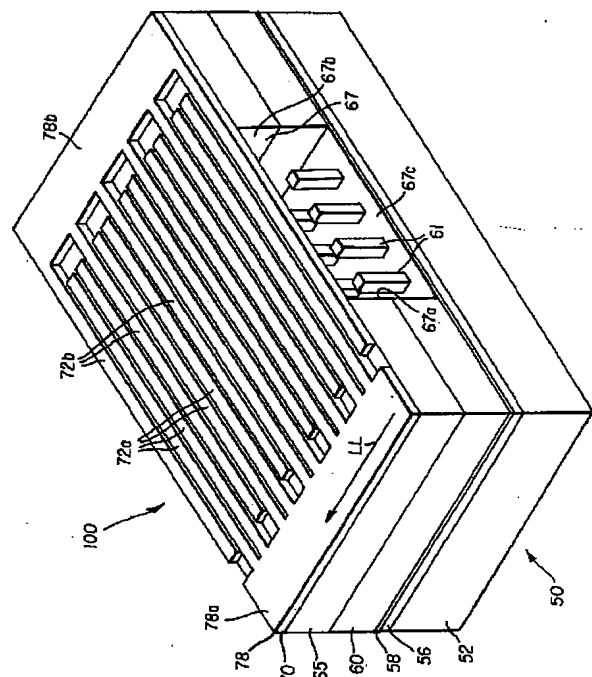
弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 メカニカル格子デバイス

(57)【要約】

【課題】 回折効率を改良するメカニカル格子デバイスを提供する。

【解決手段】 メカニカル格子デバイス100が、表面を有するベース50上に構成される。前記ベース50の上に、上表面を有するスペーサ層65が備えられ、前記スペーサ層65に、長手のチャンネル67が形成され、前記チャンネル67は、相対する第一側壁67aと第二側壁67bと底面67cとを備える。複数の間隔を置いて離された変形可能ナリボン素子72a、72bが互いに平行に配置される。前記変形可能ナリボン素子72a、72bは、2より大きいN個の要素からなるグループに纏められる。前記格子デバイス100が作動される時、前記グループ各々は離散した段々レベルのパターンを形成する。この際、前記パターンは2より大きいn段のレベルのパターンを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 メカニカル格子デバイスであって、表面を有するベースを備え、上表面を有するスペーサ層が前記ベースの上に設けられ、長手のチャンネルが前記スペーサ層に形成され、前記チャンネルは互いに相対する第一及び第二の側壁と底面とを有し、離間し変形可能な複数のリボン要素であって、前記複数のリボン要素は、互いに平行に配置されて前記チャンネルを橋架し、上面と下面を規定するとともに前記チャンネルの両側で前記スペーサ層の上表面に固定され、2より大きいN個の要素にグループ化され、前記グループ各々が、作動状態で離散レベルから成るパターンを形成し、前記パターンは、2より大きいn段のレベルを有し、ブレード格子に近似するリボン高さの周期的変化波形を示すことを特徴とするメカニカル格子デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、メカニカル格子デバイスをを用いて入射光ビームの変調を行う技術分野に関する。特に、本発明は、連続ブレード格子をm個の離散レベルで近似することによって回折光ビームの出力を顕著に改良するマルチレベルメカニカル格子デバイスを開示する。

## 【0002】

【従来の技術】エレクトロメカニカル空間光変調器は、画像処理、画面表示、光計算、光印刷など多種多様な適用に対して設計されている。変形可能なミラーを用いて光ビーム処理を印刷用に行うことは、ホーンベック (L. J. Hornbeck) が発表している。1986年6月24日公告米国特許第4,596,992号、名称「リニア空間光変調器およびプリンタ (Linear Spatial Light Modulator and Printer)」を参照のこと。カンチレバー・メカニカルビームを用いる光ビーム変調用のデバイスも、バントン (Banton) ら1995年1月8日公告米国特許第4,492,435号、名称「多重アレイ全幅エレクトロメカニカル変調器 (Multiple Array Full Width Electro-mechanical Modulator)」とエングル (C. D. Engle) の1997年8月26日公告米国特許第5,661,593号、名称「リニア静電変調器 (Linear Electrostatic Modulator)」に記載されている。エレクトロメカニカル格子製造技術の他の適用例を挙げれば、例えば、波長分割多重化や分光分析器がある。リッコ (Ricco) らの1998年5月26日公告米国特許第5,757,536号、名称「電気的にプログラム可能な回折格子 (Electrically-Programmable Diffraction Grating)」を参照のこと。

【0003】エレクトロメカニカル格子は、特許文献では周知である。例えば、ラマ (Lama) らの1977年3

月8日公告米国特許第4,011,009号、名称「制御可能なブレード角を有する反射回折格子 (Reflection

Diffraction Grating Having a Controllable Blaze Angle) とジャスキー (Jaskie) らの1992年5月19日公告米国特許第5,115,344号、名称「同調可能な回折格子 (Tunable Diffraction Grating)」を参照のこと。最近では、ブルーム (Bloom) らは、当業者に格子用光バルブ (GLV) として知られる光ビーム変調デバイスを製造する装置および方法を発表した。1994年5月10日公告米国特許第5,311,360号、名称「光ビームを変調する方法および装置 (Method and Apparatus for Modulating a Light Beam)」を参照のこと。ブルームらは、後ほどこのデバイスの構造を変更して発表した。変更点としては、1) リボンの下側にパターン化された突起領域を設け、接触領域を最小限化し、リボンと基板との間の引っ付きを無くすること、2) リボン間間隔を減少し、一方のリボンを作動して良好なコントラストを得る新たな設計を行うこと、3) 一方のリボンを固定する固体サポートを用いること、および4) 懸垂された表面の回転によってブレード格子を製造する新たなデバイス設計を行うことなどである。これらについては、例えば、ブルームらの1995年10月17日公告米国特許第5,459,610号、名称「光ビームを変調する変形可能な格子装置および格子エレメントと下層基板との間の引っ付きを無くす補助手段 (Deformable Grating Apparatus for Modulating a Light Beam and Including Means for Obviating Stiction Between Grating Elements and Underlying Substrate)」と同じブルームらの1998年9月15日公告米国特許第5,808,797号、名称「光ビーム変調方法および装置 (Method and Apparatus for Modulating Light Beam)」を参照のこと。ブルームらは、このデバイスを製造する方法も発表した。1997年10月14日公告米国特許第5,677,783号、名称「光ビームを変調する変形可能な格子装置および格子エレメントと下層基板との間の引っ付きを無くす補助手段を製造する方法 (Method of Making Deformable Grating Apparatus for Modulating a Light Beam and Including Means for Obviating Stiction Between Grating Elements and Underlying Substrate)」を参照のこと。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】GLVデバイスでは、リボンの上表面に反射コーティングを被覆して、回折効率と寿命を改良することができる。好ましい製造法は、基板としてシリコンウエハーを用い、このデバイスが、関心ある波長を反射するように作動させる。反射率の増大には、リボンの上表面の損傷を少なくし、光吸収によるデバイスの顕著な温度上昇に起因すると考えられる機械的作用を回避するのが重要である。

【0005】GLVデバイスでは、リボンの位置と高さ

とを対称とする設計が行われてきた。この設計の欠点の一つは、光強度を光ビーム一本へ集中させることができないことである。この比較的劣った光効率の主原因は、等強度の光ビームをペアで発する作動デバイスの対称性にある。改良された格子の各間隔では、リボンを二本より多く備え、リボン高さが非対称となるようにしなければならない。リボン高さが非対称パターンとなるようにすれば、回折された光ビームの強度分布も非対称となり、より高い光強度を有する主ビームを得ることができる。更に、リボンの位置と高さのパターンの非対称性を調整することによって、回折された光ビームの強度分布を変えることが可能となる。このような方法で、種々の回折光ビーム間でスイッチすることができる。

【0006】本発明の目的は、ブレース格子の有する回折効率を達成するメカニカル格子デバイスを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、表面を有するベースを備え、上表面を有するスペーサ層が前記ベースの上に設けられ、長手のチャンネルが前記スペーサ層に形成され、前記チャンネルは互いに相対する第一及び第二の側壁と底面とを有し、離間し変形可能な複数のリボン要素であって、前記複数のリボン要素は、互いに平行に配置されて前記チャンネルを橋架し、上面と下面を規定するとともに前記チャンネルの両側で前記スペーサ層の上表面に固定され、2より大きいN個の要素にグループ化され、前記グループ各々が、作動状態で離散レベルから成るパターンを形成し、前記パターンは、2より大きいn段のレベルを有し、ブレース格子に近似するリボン高さの周期的変化波形を示すことにより達成される。

【0008】また、本発明の更なる目的は、ブレース格子の有する回折効率を達成するエレクトロメカニカル格子デバイスを提供することであり、この目的は、表面を有するベースを備え、上表面を有するスペーサ層が前記ベースの上に設けられ、長手のチャンネルが前記スペーサ層に形成され、前記チャンネルが相対する第一、第二側壁と底面とを有し、第一導電層が前記チャンネルの底部の下に設けられ、互いに平行に配置され、前記チャンネルを橋架けしている複数の間隔を置いて離れている変形可能なリボン素子を備え、前記変形可能なリボン素子が上面と底面とを規定し、前記チャンネルの両側でスペーサ層の上表面に固定され、前記変形可能な素子が、2より大きいN個の要素にグループ化され、前記グループ各々が、作動状態で、離散レベルから成るパターンを形成し、前記パターンは、2より大きいn段のレベルを有しており、第二導電層が各作動可能なリボン素子の部分であることを特徴とするエレクトロメカニカル格子デバイスによって達成される。

【0009】本発明のメカニカル格子デバイスの利点

は、基板領域の上全体にあるリボンの位置と周期的リボン高さ変化波形とを用いて光ビームの回折効率を改良することができることである。本発明は、離散した段々のレベルを有するブレース格子に近似する周期的リボン高さ変化波形が提供されるので、光回折効率が著しく増大することが予期される。マルチレベルメカニカル格子デバイスは、マイクロエレクトロニクス工業に互換性ある方法を用いて製作することができる。このデバイスは、特許文献に開示されている他のブレースメカニカルおよび/またはエレクトロメカニカル格子装置よりも、印刷に適用する場合に、より信頼性があり、より適切である。

【0010】

【発明の実施の態様】本発明の主題は、図面に示される態様を参照して記載される。

【0011】光学表面（例えば、回折格子）に設けた周期的な凹凸模様が、入射光の方向性を変化させることは周知である。平行入射光を空气中で格子に当てると、光は、次の回折式に従って異なる次数に回折される。

【0012】

【数1】

$$\sin \theta_m = \sin \theta_0 + \frac{m\lambda}{\Lambda}, \quad (1)$$

ここに、 $\lambda$ は光の波長で、 $m$ は回折次数を示す整数である。図1は、反射格子10を示し、光ビーム12が反射格子10の直交軸O-Oに関して角度 $\theta_0$ で格子10に入射する。格子表面は間隔 $\Lambda$ 13で規定される。 $\Lambda$ 13は、式(1)で示される関係で回折角を規定する。回折次数 $m$ に対応する回折されたビーム16は、角度 $\theta_1$ 5で格子10を出る。

【0013】図1に描かれる回折格子10は、格子プロファイルが四角波形のバイナリー格子である。デューティサイクル (duty cycle) は、溝幅L114の格子間隔 $\Lambda$ 13に対する比として定義される。バイナリー相の格子は、デューティサイクルが0.5に等しく、反射率Rが1.0に等しい時に回折効率が最大になる。

【0014】反射率が均一で、デューティサイクルが0.5の場合、式(2)に示される関係が、スカラー回折理論の確度内で理論回折効率の計算に適切である。

【0015】

【数2】

$$\eta_m = R \cos^2 \left( \frac{\pi}{\lambda} (q_m d - m\lambda/2) \right) \frac{\sin^2 (m\pi/2)}{(m\pi/2)^2}, \quad (2)$$

ここに、 $q_1$ は幾何学形状ファクターで、

【数3】

$$q_m = \cos \theta_0 + \cos \theta_m \\ = 1 + \sqrt{1 - (m\lambda/\Lambda)^2} \quad \text{for normal incidence } (\theta_0 = 0). \quad (3)$$

但し、法線入射で $\theta_0 = 0$ の場合である。

【0016】通常の入射照度の場合、一次( $m=1$ )の

最大効率、格子深さ  $d = \lambda/4$  の時に起こる。このような格子では、関心ある格子 ( $\lambda/\Lambda \leq 0.5$ ) に対して +1 と -1 次とへの等回折効率約 40% であり、残りの光は高奇数次 (すなわち、±3、±5、など) に回折される。

【0017】高度の光学能力を必要な適用に対しては、単一光ビームへ高効率で回折する格子が望ましい。これを達成する最良の方法は、格子プロフィールを火炎のようなブレース形に成形することが当業者に周知である。例えば、パルマー (C. Palmer) 編の「回折格子ハンドブック (Diffraction Grating Handbook)」(Milton Roy Instruments, Rochester, NY, 1993) を参照のこと。

図 2 に示すのは、連続ブレース格子プロフィール 20 である。ビーム 22 は格子表面 24 の面に入射し、非ゼロ次の回折ビーム 26a、26b、26c、26d、26e、26f が出射する。格子プロフィールの設計を適切に行うことによって、+1 次に回折されたビーム 26d の強度が最大化される。

【0018】格子デバイスを製作するこれまでの好ましい方法では、図 2 に示される格子プロフィールを製作することができない。図 3 は、マイクロエレクトロニクス技法を用いて製作することができる格子プロフィールであり、離散した別々のステップでブレースを近似する。各ステップで別々の段々レベルが製作される。格子プロフィール 30 は、連続ブレース格子プロフィール 32 を近似するマルチレベルの段々ステップ格子で、幅  $L_{234}$  と分離高さ  $h_{238}$  を有する。式 (4) は、スカラー回折理論に基づいて示す回折効率である。この式中の離散\*

\*した段々ステップ N の数が格子プロフィール 30 を規定する。GLV デバイスに対しては、整数の値は、格子プロフィールの間隔と選択されたりボン幅  $L_{234}$  とに基づいて選択される。 $L_{234}$  の値は所要の回折効率を得るように選択されが、利用できる製法によって決まる最小の値に制限される。高さ  $h_{238}$  の値は、式  $h_2 = \lambda/2N + p\lambda/2$  ( $p$  は 0 または正の整数) に従って +1 次の回折光ビームの強度を最大にするように最適化される。

10 【0019】+1 次に同調された N ステップの格子に対する m 次回折効率  $\eta_m$  は、スカラー理論で、

【数 4】

$$\eta_m = \frac{R}{N^2} \left| \sum_{l=0}^{N-1} e^{i \frac{\pi d}{N} (q_m - 2m)} \right|^2 \frac{\sin^2(\pi m/N)}{(\pi m/N)^2} \quad (4)$$

と予測される。

【0020】これらの関係を用いる例の一つとして、表 1 には、異なる離散ステップ N と 1、0 に等しい R (反射率) とを有する格子に対する -3 ~ +3 次への回折効率が示される。第三の離散ステップを追加すると、格子プロフィールは非対称となり、+1 次回折ビーム 26d の強度は、四角波形を有する  $N=2$  格子プロフィールで得られる強度より 70% 増大する。回折効率の改良の程度は、ステップレベル N の数が大きくなるに従って大きくなる。

【0021】

【表 1】

N	$\eta_{-3}$	$\eta_{-2}$	$\eta_{-1}$	$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$
2	0.045	0	0.405	0	0.405	0	0.045
3	0	0.171	0	0	0.684	0	0
4	0.090	0	0	0	0.811	0	0
5	0	0	0	0	0.875	0	0

本明細書に記載のデバイスを感光性媒体または感熱性方法による印刷に適用する場合、効率を最大にして、高速印刷を可能にすると共に照射光を付与する光源の必要動力を減少するようにすべきである。ディスプレイなどの他の適用に対しても、効率増大は利益がある。理想的には、連続ブレース格子プロフィールを用いれば、単一次数の回折の効率を最大化できる。しかし、実際に選ばれる製作方法に制限があるので、多段ステップを用いる別法が望ましい。図 3 は、マイクロエレクトロニクスデバイスの標準製作プロセスを用いて製造できる格子プロフィールを示す。

【0022】さて、本発明のマルチレベルメカニカル格

40 子デバイス 100 の斜視図で、一部切断面を示す図 4 を参照する。ここに開示されているマルチレベルメカニカル格子デバイス 100 は、少なくとも三つの異なるレベルの段々を備えることができる。デバイス 100 の機械的に変形可能の構造がベース 50 の頂部に形成される。図 4 に示される本態様は、静電気の力を適用することによって作動できるデバイス 100 を開示する。マルチレベルメカニカル格子デバイス 100 の作動力は静電気なので、ベース 50 は異なる材質の層数枚を備える。ベース 50 は、ガラスとシリコンから選択される基板 52 を備え、底部導電層 56 で覆われる。この態様で、薄い底部導電層 56 が必要なのは、メカニカル格子デバイス 1

00を作動させる電圧を掛ける電極として作用させるからである。薄い底部導電層56は保護層58で覆われる。底部導電層56は、アルミニウム、チタニウム、金、銀、タングステン、シリコン合金およびインジウム錫酸化物からなる群から選択される。保護層58の上には、隔て層60が形成され、その上に更にスペーサ層65がある。スペーサ層の頂部には、リボン層70が形成され、反射層（複数も含む）78で覆われている。リボン層70の厚さと引っ張り強度は、作動に必要な静電気または機械力と戻り力に影響することによって性能を最適化するように選択される。戻り力は、マルチレベルメカニカル格子デバイス100のスピード、共振周波数、所要電圧に影響する。本態様では、マルチレベルメカニカル格子デバイス100の作動に必要な電極とするために導電板を反射層78に備える必要がある。この電極は、反射層および導電層56からパターン化される。

【0023】スペーサ層65の内部には、長手のチャンネル67が設けられ、マルチレベルメカニカル格子デバイス100の長手方向L-Lに沿って延びている。長手チャンネル67は、第一側壁67aと第二側壁67bと底面67cとを備える。チャンネル67は、頂部が開放で、変形可能リボン素子72aと72bの第一セットと第二セットで覆われている。変形可能リボン素子72aと72b各々は、チャンネル67の上を橋架けしており、チャンネル67の両側でスペーサ層65の表面に固定されている。チャンネル67の底面67cは保護層58で覆われている。上述のように、リボン層70は反射層78で覆われている。反射層78（導電性）はパターン化され、第一と第二の導電性領域78aと78bがあるようになっている。これら領域は、マルチレベルメカニカル格子デバイス100の表面上に互いに差し込まれた形で配置された櫛状の構造を形成している。第一と第二の導電性領域78aと78bとは、機械的にも電氣的にも互いに分離されている。反射層78のパターンに従って、リボン層70は、チャンネル67の上を橋架けする変形可能リボン素子第一セットと第二セット72aと72bとを形成するようにパターン化されている。変形可能リボン素子72aと72bとは、チャンネル67の長手方向L-Lについてグループ化されている。3レベルのメカニカル格子デバイス（図4に開示される態様）の場合、3本の変形可能リボン素子は一つのグループに属する。各グループは、第二セット72bからの変形可能リボン素子1本と、第一セット72aからの変形可能リボン素子2本とから構成される。

【0024】図4に示される態様では、チャンネル67の底面67cの上に複数の隔て台61が配置される。隔て台61は、隔て台61のグループが各リボン素子グループの変形可能リボン素子72aと72bとに対応するように隔て層60からパターン化されている。この図に示される態様では、隔て台61のグループは、各リボン

素子グループの第二リボン素子72<sub>3</sub> a<sub>2</sub>に対応している（グループ当たり3本のリボン素子に対して当てはまる）。図7に示されるように、各グループは、第一、第二、第三リボン素子72<sub>3</sub> a<sub>1</sub>、72<sub>3</sub> a<sub>2</sub>、72<sub>3</sub> b<sub>1</sub>から構成される。隔て台61のパターン化は、単一バーの形で行うこともできる。

【0025】3段レベルのメカニカル格子デバイス100の上面図が図5に示される。図5は、図示の方向に直角な二つの面も示している。面A-Aで切断して見える図は、メカニカル格子デバイス100の側面図で、図6に示される形を示す。面B-Bで切断して見える図は、上記デバイスの側面図で、図7に示される形を示す。4段以上のレベル（グループ当たり4本以上の変形可能リボン素子）を有するデバイスは、図5、6、7に示される原理を直線的に延長したものである。

【0026】図5に示されるメカニカル格子デバイス100は、静電気力を適用して作動させることができるデバイスである。当業者ならば、格子デバイスを作動させる他の方法、例えば、熱作動、ピエゾ電気作動またはこれらの組み合わせなどを想到することができる。図5に示される態様では、第一と第二導電性領域78aと78bがメカニカル格子デバイス100の表面上に形成される。第一と第二の導電性領域78aと78bとは、機械的にも電氣的にも互いに分離されているので、第一セットと第二セットの変形可能リボン素子72aと72bとに異なる電圧を掛けることができる。第一導電性領域78aが第一セットの変形可能リボン素子72aに電圧を掛け、第二導電性領域78bが第二セットの変形可能リボン素子72bに電圧を印加する。第二導電性領域78bは、厚い導電層76が充填された少なくとも1本のエッチング加工された開口部74を通過してベース50に備えられた底部導電性層56（図6を参照）と接触している。このデバイスの作動に当たっては、底部導電性層56とリボン層70の上にある導電性層78との間の電圧差で静電気力が惹起される。理想的には、格子デバイスを作動させると、導電性層78が非常に反射性なので、光回折効率が最大化される。底部導電性層56との接続は内部接続75で行われる。薄い底部導電性層56は、チャンネル67の底面67cの下に形成される。図5の図から視ると、スペーサ層65と保護層58が見える。第一と第二の導電性領域78aと78bのパターン化が、変形可能リボン素子72aと72bの電氣的、機械的分離を行うように行われているからである。

【0027】ここに示されているデバイスは、多段レベルを備えるGLVであるが、これは、ブレード格子を離散的に近似するのに2段を超えるレベルを意味する。図7と8は、3段レベルの概念を示し、図9と10は、4段レベルの概念を示す。

【0028】図7では、基板の表面53aが、高さh<sub>2</sub>38とグループ当たりのリボン本数Nとの間の関係によ

って規定される特定の高さで設計される隔て台61の台座または基線と共に示される。この場合、Nの値は、一単位の間隔 $\Lambda$ を示すグループに対して3である。各グループの第一リボン素子は、 $72_{13} a_1$ と記され、各グループの第二リボン素子は、 $72_{13} a_2$ と記され、各グループの第三リボン素子は、 $72_{13} b_1$ と記される。各グループの第一と第二リボン素子 $72_{13} a_1$ と $72_{13} a_2$ とは、第一電導性領域78aに接触される。換言すれば、各グループの第一と第二リボン素子 $72_{13} a_1$ と $72_{13} a_2$ とは、変形可能リボン素子72aの第一セットに属する。各グループの第三リボン素子 $72_{13} b_1$ は、第二電導性領域78bに接触され、換言すれば、各グループの第三リボン素子 $72_{13} b_1$ は、変形可能リボン素子72bの第二セットに属する。中間レベルの高さは、各グループの第二リボン素子 $72_{13} a_2$ に対応している隔て台61で規定される。非作動（力が加わっていない）状態では、リボン素子72aと72bとは全てコプラナー（共面；coplanar）で、第一頂面レベル64bと第一底面レベル64aとを規定する。非作動状態のマルチレベルメカニカル格子デバイス100は、ミラーのように機能し、波長 $\lambda$ を有する入射光ビーム90は0次に反射される。0次の反射光ビームは、92aと記される。作動状態では（図8）、第一セットの変形可能リボン素子72aが変形を受け、リボン素子はチャンネル67の中へ引き込まれる。第二セットのリボン素子72bは変形を受けない。従って、各グループの第三リボン素子 $72_{13} b_1$ は全て非作動状態のままに残り、その結果、第一頂面レベル64bと第一底面レベル64aとを規定する。各グループの第二リボン素子は隔て台61に接触し、その結果、第一中間頂面レベル54bを規定する。各グループの第一素子 $72_{13} a_1$ は、表面53aで規定されるチャンネル67の底部へ動かされ、その結果、底部の頂面レベル53bを規定する。頂面レベル64b、54b、53b各々は表面53aの上で $\lambda/2N$ だけ間隔が開いているので、+1次への回折効率が最大化される。回折されたビームは92bと記される。

【0029】各グループのリボンは異なる深さに作動されるけれども、各々を独立的に駆動回路でアドレスする必要はない。高さ54aを規定する隔て台が存在するので、動くリボンが全て同じ電圧と同じ初期静電気力を受けても、回折格子デバイスを設計通りに作動させることができる。従って、効率が改良された回折格子デバイスを作動させるには、独立の電圧レベルは二つだけ、接地電圧と作動電圧とが必要だけである。これは、既往技術の回折格子デバイスの要求値に相当する。

【0030】図9と10では、 $N=4$ であり、低い方の隔て台高さ61は $\lambda/8$ であり、高い方の隔て台高さ62は $\lambda/4$ である。チャンネルの全深さは $(1-1/N)\lambda/2$ となる筈である。この場合は、Nの値は一単位の間隔 $\Lambda$ を示すグループに対して4である。各グループの第

一リボン素子を $72_{14} a_1$ と記し、各グループの第一リボン素子を $72_{14} a_2$ と記し、各グループの第三リボン素子を $72_{14} a_3$ と記し、各グループの第四リボン素子を $72_{14} b_1$ と記す。中間レベルの高さは、各グループの第二および第三リボン素子 $72_{14} a_2$ および $72_{14} a_3$ に対応している隔て台61に規定される。第二リボン素子 $72_{14} a_2$ に対応している隔て台61は表面54aを規定する。第三リボン素子 $72_{14} a_3$ に対応している隔て台61は表面55aを規定する。非作動（力が掛かっていない）状態では、リボン素子72a、72bはすべてコプラナーで、第一頂部レベル64bと第一底部レベル64aを規定する。非作動状態のマルチレベルメカニカル格子デバイス100は、ミラーのように機能し、波長 $\lambda$ を有する入射光ビーム90は0次に反射される。0次の反射光ビームは、92aと称される。作動状態では（図10）、第一セットの変形可能リボン素子72aが変形を受け、リボン素子はチャンネル67の中へ引き込まれる。第二セットのリボン素子72bは変形を受けない。従って、各グループの第四リボン素子 $72_{14} b_1$ は全て非作動状態のままに残り、その結果、第一頂面レベル64bと第一底面レベル64aとを規定する。各グループの第三リボン素子 $72_{14} a_3$ は隔て台61に接触し、表面55aを規定し、その結果、第一中間頂面レベル55bを規定する。各グループの第二リボン素子 $72_{14} a_2$ は隔て台61に接触し、表面54aを規定し、その結果、第一中間頂面レベル54bを規定する。各グループの第一素子 $72_{13} a_1$ は、表面53aで規定されるチャンネル67の底部へ動かされ、その結果、底部の頂面レベル53bを規定する。頂面レベル64b、55b、54bおよび53b各々は、表面53aの上で $\lambda/2N$ だけ間隔が開いているので、+1次への回折効率が最大化される。回折されたビームは92bと記される。

【0031】前に議論したように、格子デバイスの光学効率率は、理論的には、理想反射板を仮定し、内部リボンのギャップを無視すれば、3段レベル格子に対しては70%まで、4段レベル格子に対しては102%まで大きくすることができる。ただし、理想の格子ではレベルの段数を多くすればするほど、回折効率が大きくなるけれども、リボンの間にはギャップがあるので、3段レベルおよび4段レベル格子の性能は2段レベル格子の性能に比べて劣化することに注意のこと。更に、段数を追加することは、隔て台61を製造するのに必要な処理工程の数を増やすことになる。図11は、1次ビームの理論的回折効率を、スカラー回折理論の精度内で、ギャップ幅 $L_c$ に対するリボン幅 $L_r$ との%比の関数としてプロットした曲線である。実際では、最適化された格子デバイスでは、比 $L_c/L_r$ は10~30%の間にあるので、対応する3段および4段レベルの格子は、回折効率の顕著な改良を提供することになる。従って、単位間隔当たりのリボンの理想の数、Nは、リボン間のギャップの最小可



能サイズと、許されるピクセル幅によるが、恐らく3か4であろう。

【0032】本発明の記載は、好ましい態様を参照して行われたものである。しかし、当業者は、本発明の範囲から逸脱せずに多くの変形や部分的改変を行うことができるものと思われる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 バイナリー反射格子からの回折図である。

【図2】 ブレーズ反射格子からの回折図である。

【図3】 ブレーズ反射格子を近似するマルチレベル回折格子図である。

【図4】 本発明のマルチレベルメカニカル格子デバイスの斜視図で、一部切断面を示す図である。

【図5】 本発明のマルチレベルメカニカル格子デバイスの上面図である。

【図6】 図5に示される面A-Aで切断した断面図で、本発明の層状構造を示す図である。

【図7】 3段レベルのメカニカル格子デバイスの図5に示される面B-Bで切断した断面図で、変形可能のリボンには力が掛かっていない場合を示す図である。

【図8】 3段レベルのメカニカル格子デバイスの図5に示される面B-Bで切断した断面図で、変形可能のリボンには力が掛かっている場合を示す図である。

【図9】 4段レベルのメカニカル格子デバイスの図5に示される面B-Bで切断した断面図で、変形可能のリボンには力が掛かっていない場合を示す図である。

【図10】 4段レベルのメカニカル格子デバイスの図5に示される面B-Bで切断した断面図で、変形可能のリボンには力が掛かっている場合を示す図である。

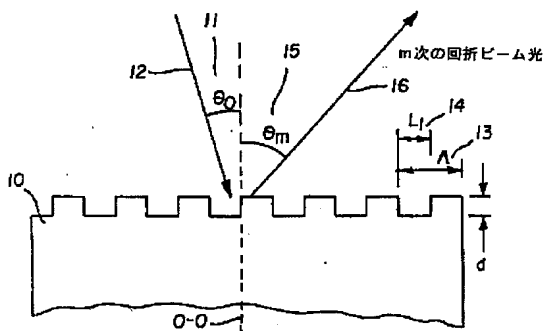
【図11】 2、3、4、5段レベルの光格子バルブの回折効率に対する間隙幅の効果を示す図である。

【符号の説明】

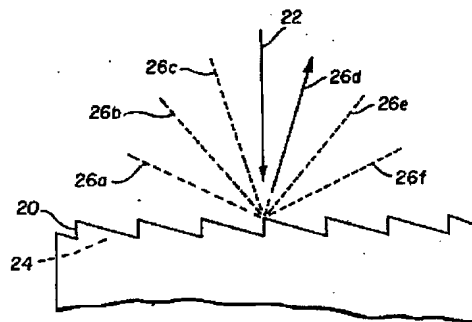
\* 10 反射格子、11 角度 $\theta_0$ 、12 光ビーム、13 間隔 $\Lambda$ 、14 溝幅、15 角度 $\theta_m$ 、16 回折されたビーム、20 ブレーズ格子、22 入射ビーム、24 格子表面、26a~26f 回折されたビーム、30 格子プロフィール、32 連続ブレーズ格子プロフィール、34 幅 $L_2$ 、38 分離高さ $h_2$ 、50 ベース、50a ベースの上表面、52 基板、53 基板の表面、53a 表面、53b 頂面レベル、54a 隔て台の上面、54b 第二中間頂面レベル、55a 表面、55b 第一中間頂面レベル、56 底部導電層、58 保護層、60 隔て層、61 隔て台、64a 第一底面レベル、64b 第一頂面レベル、65 スペース層、66 犠牲層、67 チャンネル、67a チャンネルの第一側壁、67b チャンネルの第二側壁、67c チャンネルの底部、70 リボン層、70a コプラナーリボン素子の底面、70b コプラナーリボン素子の頂面、72a 変形可能リボン素子の第一セット、72b 変形可能リボン素子の第二セット、72<sub>13</sub>a<sub>1</sub> 3段グループ各々の第一要素、72<sub>13</sub>b<sub>2</sub> 3段グループ各々の第二要素、72<sub>13</sub>a<sub>3</sub> 3段グループ各々の第三要素、72<sub>14</sub>a<sub>1</sub> 4段グループ各々の第一要素、72<sub>14</sub>a<sub>2</sub> 4段グループ各々の第二要素、72<sub>14</sub>a<sub>3</sub> 4段グループ各々の第三要素、72<sub>14</sub>b<sub>1</sub> 4段グループ各々の第四要素、74 開口部、75 インターコネクト、76 厚い導電体、78a 第一導電領域、78b 第二導電領域、92b 回折されたビーム、100 マルチレベルメカニカル格子デバイス、L 長手方向、N 離散した段々ステップの数、d 格子深さ、m 次数、n レベルの数、 $\eta$  回折効率、A-A 図切断面、B-B 図切断面、L-L 格子デバイスの長手方向、O-O 直交軸。

\*

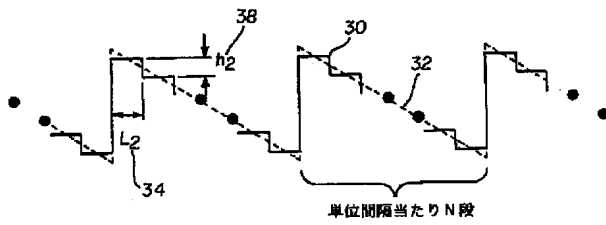
【図1】



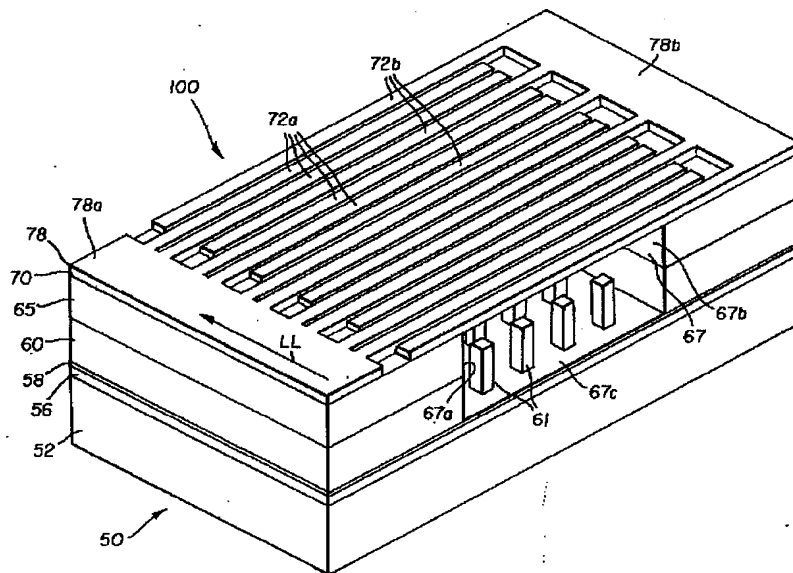
【図2】



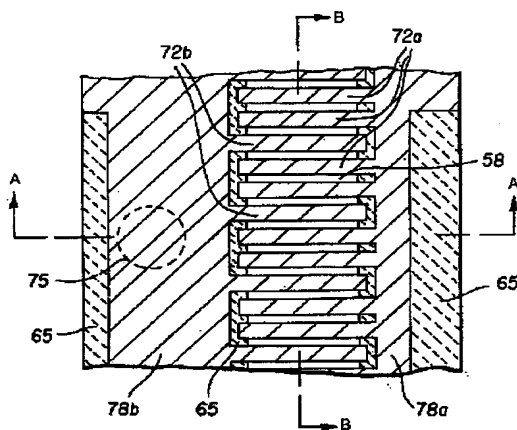
【図3】



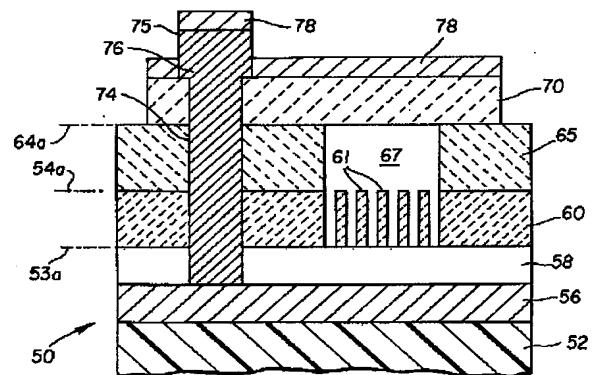
【図4】



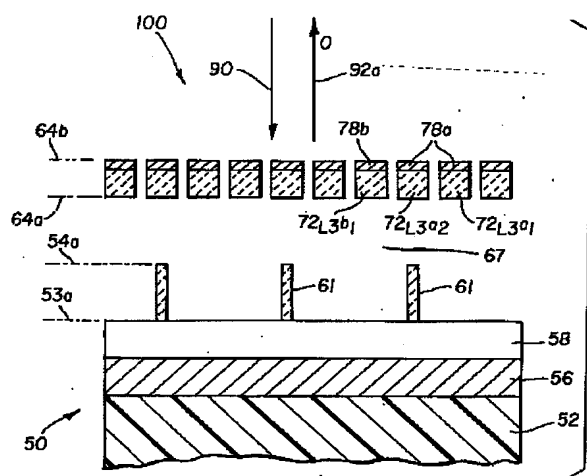
【図5】



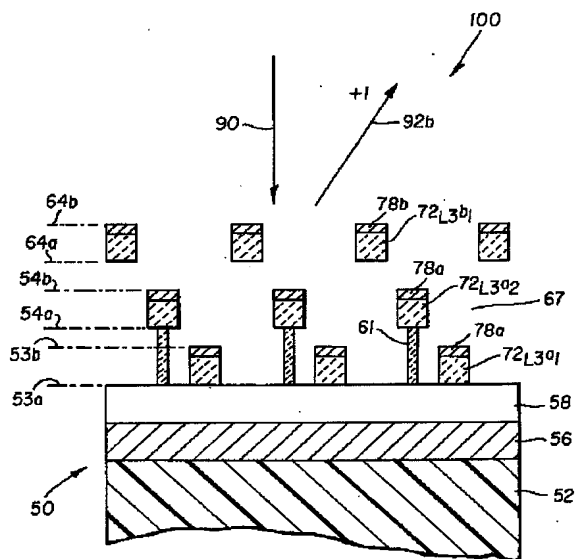
【図6】



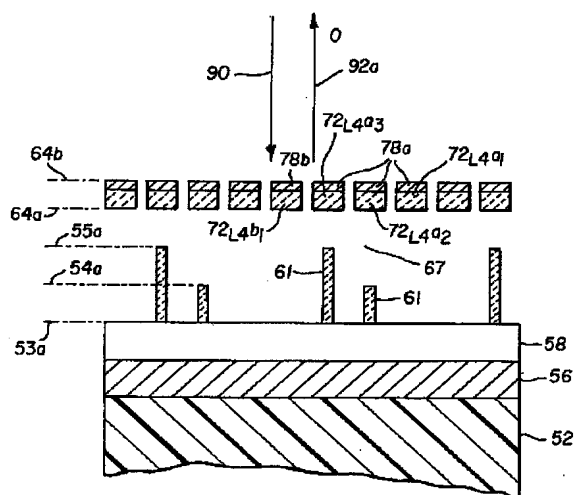
【図7】



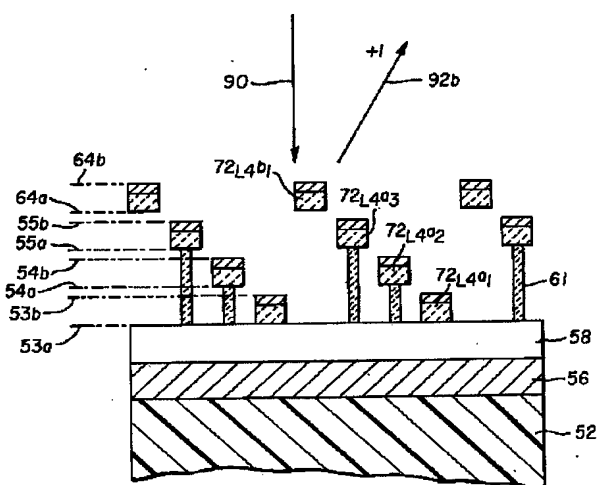
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

